

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1. Latar Belakang.**

Secara umum resin berbentuk solid, ada yang berbentuk keras agak lembek, organik, produk non – kristalin, dan ada pula yang memiliki range melting – softening yaitu bersifat brittle (rapuh) pada keadaan solid. Resin sintesis yang paling sering digunakan di industri adalah phenol – formaldehyde resin, urea – formaldehyde resin, melamine – formaldehyde resin, polyester resin, silicone resin dan ketone – aldehyde resin. Semua resin tersebut termasuk tipe polimer thermoset. Thermoset resin biasanya dipersiapkan sebagai pre – polymer [1].

Urea formaldehyde resin dan phenol formaldehyde resin merupakan resin yang paling banyak digunakan karena kedua jenis resin ini lebih ekonomis jika dibandingkan dengan melamine formaldehyde resin [2]. Urea formaldehyde resin dan phenol formaldehyde resin mulai diproduksi diakhir tahun 1930 dan dimanfaatkan untuk fitting listrik, telephone handset, instalasi listrik radio, kotak rokok, lampshade, dan tableware [3]. Saat ini urea formaldehyde resin dan phenol formaldehyde resin paling banyak digunakan untuk adhesive dalam industri kayu lapis (plywood) dan industri wood particleboard [2,4,5].

Kebanyakan pabrik adhesive (perekat) UF Resin di Indonesia menggunakan larutan Formaldehyde 37 % berat. Tetapi secara umum pabrik UF resin yang ada di dunia menggunakan larutan formaldehyde diatas 50 % berat [2].

#### **I.2. Sifat Bahan Baku dan Produk.**

Untuk menghasilkan suatu produk diperlukan bahan baku utama dan bahan baku pembantu, dimana keberadaan kedua bahan ini saling berkaitan. Bahan baku pembantu merupakan suatu bahan yang diperlukan untuk menunjang bahan baku utama dalam menghasilkan suatu produk yang diinginkan.

### **1.2.1. Pembuatan Formaldehyde.**

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan Formaldehyde adalah larutan Methanol dan udara, yang dikontakkan dalam fase gas. Sedangkan bahan baku pembantu yang digunakan adalah katalis silver dan air penyerap. Pada dasarnya, proses pembuatan formaldehyde terdiri atas dua tahap penting yaitu tahap sintesis dan tahap distilasi. Tahap distilasi ini dilakukan untuk mendapatkan kadar methanol di produk seminimal mungkin, biasanya 1,5 %.

#### **1.2.1. A. Bahan Baku Utama.**

Bahan baku utama pembuatan Formaldehyde adalah larutan Methanol dan udara. Larutan Methanol yang digunakan dalam pembuatan formaldehyde ini biasanya berkadar 98 %. Udara yang digunakan adalah udara kering, dimana udara kering yang digunakan merupakan udara berlebih. Hal ini dimaksudkan supaya methanol terkonversi secara maksimal menjadi formaldehyde.

##### **1. Methanol.**

Methanol sering disebut dengan methyl alkohol, yang merupakan jenis komponen organik alkohol yang paling sederhana. Memiliki rumus molekul  $\text{CH}_3\text{OH}$  [6]. Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) merupakan produk hasil reaksi dari methane ( $\text{CH}_4$ ) dan oxygen ( $\text{O}_2$ ). Methane diperoleh dari crude oil sedangkan oxygen diperoleh dari udara [7]. Methanol murni merupakan bahan penting dalam sintesis kimia, yang pada suhu kamar akan berbentuk cairan. Methanol merupakan larutan yang tidak berwarna, memiliki bau yang lembut, sangat larut dalam air dan pelarut organik, sangat hidroskopik, serta bersifat explosive jika dicampur dengan udara [6,8].

Kebutuhan methanol didunia sebesar 35 %, dimana formaldehyde merupakan salah satu aplikasi utamanya [8]. Methanol secara luas digunakan di industri, sebagai pelarut cat, sebagai anti beku dan sebagai bahan bakar [9]. Physical properties  $\text{CH}_3\text{OH}$  ditunjukkan seperti tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel I.1 Physical properties methanol [10,11]

No	Keterangan	
1	Formula	CH <sub>3</sub> OH
2	Berat Molekul	32,042 kg/kmol
3	Boiling Point	64,7 °C (148,93° F)
4	Tersolidifikasi pada suhu	- 93,9° C (-137° F)
5	Melting Point	- 97,7 °C
6	Relative Density	0,79 gr/cm <sup>3</sup>
7	Panas pembentukan	-201.3 MJ/kmol
8	Spesific heat, Cp:	
	Pada suhu 25 °C, fase gas	44,06 J/mol.°K
	Pada suhu 25 °C, fase liquid	81,08 J/mol.°K
9	Panas penguapan	1128,8 kJ/kg
10	Suhu kritis	239,49 °C

## 2. Udara.

Udara yang digunakan dalam proses ini adalah udara kering, yang mengandung 21 % mol O<sub>2</sub> dan 79 % mol N<sub>2</sub>. Pada proses dengan menggunakan katalis silver, banyaknya O<sub>2</sub> yang digunakan untuk mengkonversi methanol menjadi formaldehyde adalah terhadap reaksi sempurna methanol bahan baku [12,13]. Physical properties udara disajikan pada tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel I.2 Physical properties udara [11]

No	Keterangan	
1	Formula	-
2	Berat Molekul	28,98 kg/kmol
3	Boiling Point	-317,8 °f
4	Panas pembentukan	88,2 Btu/lb
5	Fase gas, pada suhu 32 °F:	
	Spesific Gravity	1
	Spesific heat, Cp	0,241 Btu/lb
	Density	0,08018 lb/ft <sup>3</sup>
6	Fase liquid, pada suhu 32 °F:	
	Spesific Gravity	0,873
	Spesific heat,Cp	0,4454 BTU/lb
7	Kritical Point:	
	Suhu	-221,1 °F
	Tekanan	547 psia
	Densitas	21,9 lb/ft <sup>3</sup>

1.2.1. B. Bahan Penunjang.

Bahan baku penunjang dalam pembuatan Formaldehyde adalah katalis silver dan air penyerap. Katalis silver digunakan untuk mempercepat konversi pembentukan  $\text{CH}_3\text{OH}$  menjadi  $\text{CH}_2\text{O}$ . Sedangkan air penyerap digunakan untuk meningkatkan kadar  $\text{CH}_2\text{O}$  hasil reaksi.

1. Katalis Silver.

Katalis yang paling banyak digunakan untuk memproduksi formaldehyde adalah katalis silver [12]. Digunakan katalis jenis silver karena yield formaldehyde yang dihasilkan akan lebih besar jika dibandingkan dengan proses yang menggunakan katalis copper [13]. Dimana physical properties katalis silver ditunjukkan seperti tabel 1.3 dibawah ini:

Tabel I.3. Physical properties silver [14]

No	Keterangan	
1	Formula	Ag
2	Berat Molekul	107,87 gr/mol
3	Volume Molekul	10,27 $\text{cm}^3/\text{mol}$
4	Density	$10,49.10^3 \text{ kg/m}^3$
5	Melting Point	$960,8^\circ\text{C}$
6	Boiling Point	$2212^\circ\text{C}$
7	Panas penguapan	$2400.10^3 \text{ J/kg}$
8	Spesific heat (Cp) pada suhu $20^\circ\text{C}$	$233 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$

2. Air penyerap.

Air yang digunakan sebagai penyerap dalam memproduksi formaldehyde adalah  $\text{H}_2\text{O}$  murni.  $\text{H}_2\text{O}$  yang digunakan sebagai air penyerap ini dimasukkan kedalam absorber pada kondisi suhu  $30^\circ\text{C}$  dan pada tekanan atmosfer [12], dimana physical propertiesnya disajikan dalam tabel 1.4 berikut ini:

Tabel I.4. Physical properties  $\text{H}_2\text{O}$  [11]

No	Keterangan	
1	Formula	$\text{H}_2\text{O}$
2	Berat Molekul	18,02 kg/kmol
3	Boiling Point	$212^\circ\text{F}$
4	Panas pembentukan	970,6 Btu/lb
5	Fase gas, pada suhu $32^\circ\text{F}$ :	

	Spesific heat, Cp	0,8784 Btu/lb
	Density	0,0368 lb/ft <sup>3</sup>
6	Fase liquid, pada suhu 32 °F:	
	Spesific Gravity	0,95855
	Spesific heat,Cp	1,007 Btu/lb
7	Kritical Point:	
	Suhu	705,182 °F
	Tekanan	3200,5 psia
	Densitas	20,1 lb/ft <sup>3</sup>

I.2.2. Pembuatan Urea Formaldehyde (UF).

Pada dasarnya, proses pembuatan Urea Formaldehyde membutuhkan dua bahan pokok antara lain:

1. Formaldehyde.

Dalam industri, bahan baku yang paling banyak digunakan untuk membuat formaldehyde adalah methanol. Secara umum terdapat 2 jenis proses yang biasa digunakan untuk memproduksi formaldehyde, antara lain:

- (a) Oksidasi katalitik dengan menggunakan katalis logam silver atau yang biasa disebut dengan proses "silver crystal".
- (b) Oksidasi katalitik dengan menggunakan katalis metal oxide, biasa disebut dengan proses " mixed oxide " [1,12].

Pada dasarnya formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) disintesis dari methanol (CH<sub>3</sub>OH) dengan bantuan katalis. Formaldehyde merupakan gas yang tidak berwarna. Kelarutan dalam air sangat tinggi. Memiliki bau khas, memiliki boiling point -21°C [7]. Formaldehyde secara luas digunakan dalam rebuilding material dan digunakan untuk membuat berbagai macam alat rumah tangga, secara signifikan digunakan untuk adhesive produk kayu [15]. Physical properties formaldehyde ditunjukkan pada tabel 1.5 dibawah ini.

Tabel I.5. Physical properties formaldehyde [13,16]

No	Keterangan	
1	Formula	CH <sub>2</sub> O
2	Berat Molekul	30 kg/kmol
3	Boiling Point	- 19 s.d - 21 °C
4	Melting Point	-118 °C
5	Density:	
	Pada suhu - 80 °C	0,9151 gr/cm <sup>3</sup>

	Pada suhu – 20 °C	0,3153 gr/cm <sup>3</sup>
6	Panas pembentukan	-115,9 ± 6,3 kJ/mol
7	Spesific heat, Cp	35,425 J/mol.°K
8	Panas penguapan:	
	Pada suhu 19 °C	23,3 kJ/mol
	Pada suhu – 109 s.d - 22 °C	27,384 + 14,56 T <sup>d</sup> kJ/mol
9	Suhu kritis	137,2 – 141,2 °C

Pertumbuhan produksi tahunannya di 10 tahun terakhir adalah rata – rata sebesar 3 %. Formaldehyde secara komersial tersedia dalam bentuk larutan 37 % dan 55 % [1], selain itu juga terdapat dalam bentuk solid paraformaldehide [5].

## 2. Urea.

Urea merupakan bahan kimia yang mengandung nitrogen, didunia diproduksi sebesar 100.000.000 ton per tahun [17]. Urea merupakan kristal berwarna keputih – putihan yang diperdagangkan dalam bentuk pellet tetapi ada pula yang dalam bentuk liquid. Urea disebut juga carbamide. Memiliki rumus molekul  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Urea tidak berwarna, substansnya berbentuk kristalin yang meleleh pada suhu 132,7 °C dan akan terdekomposisi sebelum mendidih, sangat larut dalam air [7,18].

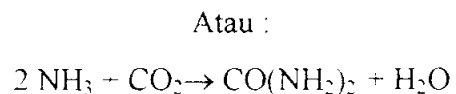
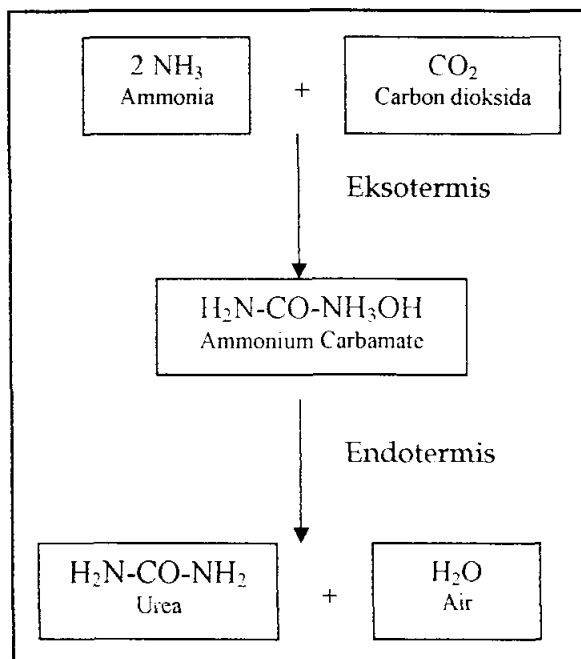


Gambar I.1. Urea dalam bentuk solid [17].

Urea ini dihasilkan dari mereaksikan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) liquid dan carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) gas dengan rasio mol > 2,5 : 1 [7,17]. Ammonia dan carbon dioxide diperoleh dari natural gas. Kedua bahan ini dikombinasikan pada tekanan

dan suhu elevasi yang tinggi untuk membentuk ammonium carbamate. Ammonium carbamate kemudian terdekomposisi pada tekanan yang lebih rendah menghasilkan urea dan air [18].

Reaksi pembentukan urea terjadi secara endotermis dengan konversi reaksi 50 – 80 % (pada basis  $\text{CO}_2$ ), dan ditunjukkan seperti tahap – tahap berikut ini :



**Gambar I.2. Tahap – tahap pembentukan Urea dalam bentuk solid.**

Aplikasi utama urea adalah sebagai pupuk (sekitar 90 %), selain itu juga diaplikasikan untuk membuat resin Urea Formaldehyde, membuat Melamine, makanan suplemen, industri plastik, obat – obatan terutama obat bius, hydrazine, sebagai stabilizer serta adhesive, untuk industri textile [17]. Adapun properties urea pada kondisi tekanan 1 atm ditunjukkan dalam tabel 1.6 dibawah ini.

Tabel I.6. Physical properties urea [17,19,20]:

No	Keterangan	
1	Formula	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
2	Berat Molekul	60,06 kg/kmol
3	Terdekomposisi pada suhu	270,8 °F (132,7 °C)
4	Melting Point	135 °C
5	Density	1,3230 gr/cm <sup>3</sup>
6	Bulk Density	0,74 gr/cm <sup>3</sup>
7	Panas pembentukan pada suhu 25 °C	- 197,150 J/mol
8	Spesific heat, Cp:	
	Pada suhu 0 °C	1,439 J/(kg. °K)
	Pada suhu 50 °C	1,661 J/(kg. °K)
	Pada suhu 100 °C	1,887 J/(kg. °K)
	Pada suhu 150 °C	2,109 J/(kg. °K)
10	Panas pelelehan	251 J/gr
11	pH	7,2 (10 % water solution)
12	Kelarutan dalam air pada suhu 77 °F (25 °C).	119 g per 100 g air
13	Specific gravity pada suhu 68 °F (20 °C)	1,34
14	Panas pembentukan pada suhu 25 °C	- 197,150 J/mol

### I.3. Produk Urea Formaldehyde.

Urea formaldehyde resin merupakan liquid tidak berwarna, dengan bau yang khas, larut dalam air dan alkohol. Urea formaldehyde resin diproduksi melalui polikondensasi antara urea dengan formaldehyde [21].

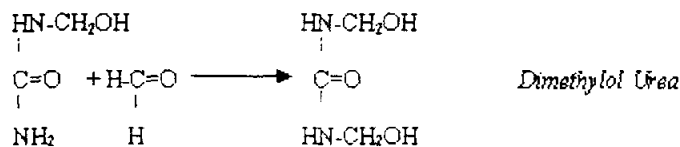
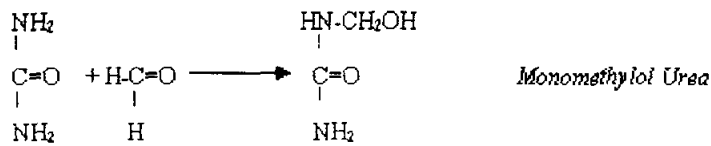
Biasanya reaksi pembentukan UF berlangsung selama 10 – 20 menit pada suhu 50 – 95 °C dengan pH reaksi sekitar 8 – 9, pH harus dijaga tetap konstan. Hal ini ditujukan untuk mencegah terjadinya reaksi Cannizzaro dari formaldehyde, karena jumlah asam yang tinggi (pH = 2) menyebabkan crosslink terjadi pada suhu ruangan (cold curing) [1,22]. Biasanya digunakan rasio perbandingan mol antara formaldehyde dan urea sebesar 1,1:1 [7].

Terdapat dua reaksi utama dalam menghasilkan UF, yaitu reaksi hydroxymethylasasi dan reaksi pembentukan jembatan diaminomethylene.



### 1. Reaksi Hydroxymethylation.

Reaksi metilosisasi.<sup>1</sup>

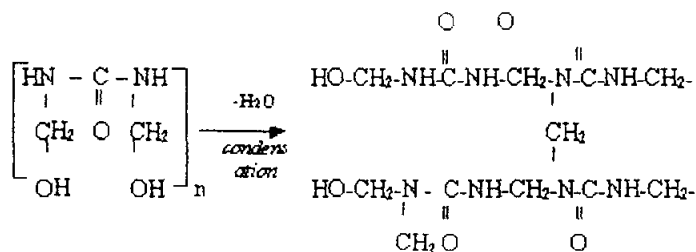


**Gambar I.3. Mekanisme reaksi Hydroxymethylation pembentukan Urea formaldehyde**

Pada tahap ini terjadi pencampuran urea dengan formaldehyde dalam suasana basa, pada pH 7 – 9 dan suhu sekitar 15-25°C.

### 2. Methylene bridge formation (Reaksi Polimerisasi Kondensasi).

Merupakan reaksi penggabungan monomer – monomer sejenis menjadi polimer. Dalam reaksi polimerisasi, urea dengan formaldehyde dalam fasa liquid [22,23].



**Gambar I.4. Mekanisme reaksi Methylene bridge formation pembentukan Urea formaldehyde**

Produk UF yang dihasilkan akan berupa larutan yang mengandung sedikit methanol, urea serta formaldehyde, dan memiliki physical properties seperti ditunjukkan oleh tabel 1.7 dibawah ini.

Tabel I.7. Physical properties UF [24,25]

No	Keterangan	
1	Formula	$\text{NH}_2\text{CONHCH}_2\text{OH}$
2	Berat Molekul	90 kg/kmol
3	Spesific gravity, pada suhu 20 °C	1,2 – 1,4
4	% volume Volatile	25 – 50 (air)
5	Kelarutan terhadap air, pada 25 °C	50 g/L
6	pH, pada 25 °C	7,8 – 8,2
7	Viskositas, pada 25 °C	150 – 250 cps

#### I.4. Kegunaan Produk Urea Formaldehyde.

Plastik UF diproduksi sejak akhir tahun 1930, karena tahan terhadap goresan, permukaannya dapat diproduksi dengan warna pucat dan warna terang (dengan penambahan filler). Saat ini masih digunakan untuk alat – alat seperti tombol stop kontak, sekrup, wadah kosmetik, botol, tombol kontrol. Di industri kebanyakan digunakan sebagai adhesive resin [21], antara lain di industri particleboard (61 %), industri Medium Density fibreboard (27 %), industri hardwood plywood (5 %), industri adhesive laminating bonding (7 %). Adhesive dari Urea Formaldehyde banyak digunakan oleh industri karena harganya murah, berdaya erat cukup tinggi, tidak berbau menyengat, dan tahan terhadap hantaran listrik [9].

#### I.5. Analisa Pasar.

Saat ini produksi Urea Formaldehyde resin di Indonesia telah mencukupi kebutuhan dalam negeri, hal ini nampak dari jumlah Urea Formaldehyde yang diekspor lebih banyak jika dibandingkan dengan Urea Formaldehyde yang dikonsumsi di dalam negeri sehingga peluang pabrik Urea Formaldehyde adalah untuk ekspor. Adapun data perkembangan ekspor dan import di Indonesia disajikan seperti dalam tabel 1.8 berikut :

Tabel 1.8. Eksport import Urea formaldehyde

Import		Eksport	
Bulan	kg	Bulan	kg
Mei 1997	1.354.881	-	-
-	-	Agustus 1997	3.374.964
Juli 1998	432.252	-	-
-	-	November 1998	569.654
Mei 1999	272.417	-	-
-	-	Desember 1999	1.603.394
Mei 2000	340.940	-	-
-	-	Agustus 2000	508.454
Juni 2001	371.899	-	-
-	-	Agustus 2001	520.000

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya

Kebutuhan Urea Formaldehyde didalam negeri sudah tercukupi, hal ini dapat ditunjukkan pada tabel diatas bahwa jumlah Urea Formaldehyde Resin untuk eksport lebih besar jika dibandingkan dengan import. Di Indonesia telah ada pabrik yang memproduksi Urea Formaldehyde Resin yaitu PT. BINAJAYA RODAKARYA dengan kapasitas produksi sebesar 32.000 ton/tahun dan bertempat di Kalimantan Selatan. Kapasitas pabrik pada Pra Rencana Pabrik ini dipilih berdasarkan pada data kapasitas produksi pabrik Urea Formaldehyde Resin yang telah ada di Indonesia tersebut. Adapun kapasitas yang diambil untuk perencanaan pabrik ini adalah 31.680 ton/tahun, karena diinginkan dalam 1 tahun hari kerja adalah sekitar 330 hari, masa maintenance peralatan selama 35 hari dengan kapasitas produksi Urea Formaldehyde Resin adalah sebesar 4000 kg/jam. Kapasitas pemasaran produk sebesar 30 % untuk dalam negeri (Pulau Kalimantan, Jawa, dan Bali) dan 70 % produk dipasarkan ke luar negeri (Malaysia, Singapura, dan Jepang).

